

# Volumen- und Flächenänderungen an der Pasterze von 1981 bis 2000

Von Josef GSPURNING, Wolfgang TINTOR, Marcus TRIBUSER & Herwig WAKONIGG

## Schlagworte:

Pasterze, GIS-Analyse, Flächenverlust, Volumenverlust, Schneegrenze.

## Zusammenfassung:

Auf Grundlage zweier topographischer Karten (Ö.K. 1:50 000 für 1981 und 2000) wurde über die Ableitung von Oberflächenmodellen der Flächen- und Volumenverlust der Pasterze in 19 Jahren ermittelt. Dabei wurde ein Flächenverlust von 103 ha (5,4 %) und ein Volumenverlust von  $320 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  (16 %) ermittelt, wobei die Höhe der Gletscheroberfläche von etwa 70 m im Bereich der Gletscherstirn bis 0 m im Bereich der höchsten Flanken abgenommen hat. Diese Verringerung des Höhen- bzw. Volumenverlustes mit zunehmender Seehöhe erscheint regelhaft und ohne besondere regionale Abweichungen.

## Einleitung

Das Haushaltsjahr 2002/03 war nicht nur ganz allgemein im gesamten Alpenraum eines der gletscherungünstigsten seit Beginn regelmäßiger Beobachtungen, sondern insbesondere auch an der Pasterze (LIEB 2003, PATZELT 2004), welche seit Beginn der großen Rückzugstendenz um die Mitte des 19. Jahrhunderts keine wirkliche Vorstoßperiode erlebte (WAKONIGG 1991). Dieser permanente Massen- und Flächenverlust wurde mehrmals in verschiedenen Arbeiten für unterschiedliche Zeiträume dokumentiert (z. B. V. PASCHINGER 1948, H. PASCHINGER 1969, TINTOR & WAKONIGG 1991, 1998, WAKONIGG 1993, LIEB & WAKONIGG 1996, WAKONIGG & TINTOR 1999, KROBATH 2003) und hat in den letzten ein- einhalb Jahrhunderten zu einem Flächenschwund von 30 % und einem Volumenschwund von geschätzten 49 % (!) geführt (KROBATH 2003:19). Allein unter der Hofmannshütte, d. h. im Bereich der „Seelandlinie“, eines Messprofils der jährlichen Kontrollmessungen, hat die Breite der Gletscherzunge im genannten Zeitraum um 38 %, die maximale Dicke um 61 % und die Querschnittsfläche um 75 % (!) abgenommen (KROBATH 2003:22).

Eine Möglichkeit zur Ermittlung der Änderung von Fläche und Volumen (an der Pasterze durchwegs Abnah-

## Key Words:

Pasterze glacier, GIS-analysis, decrease of area and volume, snow-line.

## Abstract:

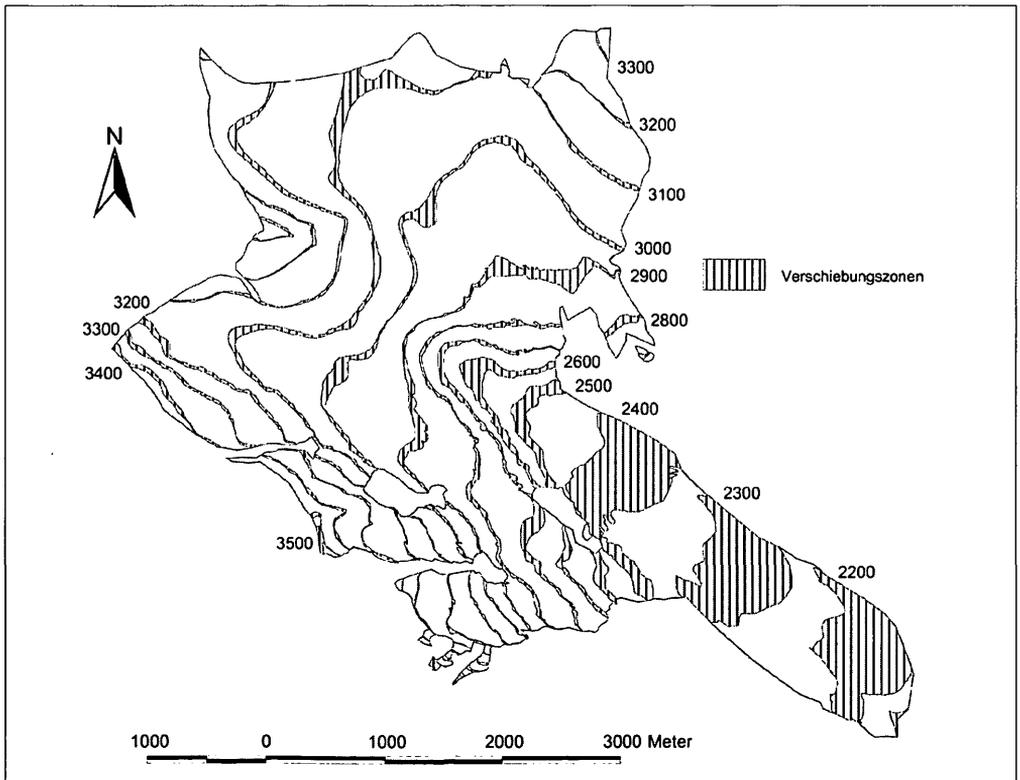
Changes of volume and area of the Pasterze glacier from 1981 to 2000. On the basis of two topographical maps (ÖK 1:50 000 for 1981 and 2000) the loss of ice mass and area of the Pasterze glacier in 19 years was determined with the help of the derivation from surface models. In the course of it a loss of area of 103 ha (5.4%) and a loss of volume of  $320 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  (16%) were determined of which the latter amounted to a mean loss of  $16.82 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  per year. With regard to the period from 1964 to 1981 which was more favourable to the glaciers, with a loss of volume of  $7.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  per year on average this meant an increase to the 2.3-fold. The height of the glacier surface has decreased from ca. 70 m in the area of the glacier snout to 0 m in the area of the highest flanks. This decline of the loss of height and volume with increasing altitude seems to be regular and without any special regional deviations.

men!) ist die kartometrische Auswertung von topographischen Karten mit unterschiedlichem Aufnahmedatum, wie es von TINTOR und WAKONIGG (1998) für den Zeitraum von 1964 bis 1981 mit Hilfe der traditionellen „FINSTERWALDER-Methode“ (LANG UND PATZELT 1971:44) durchgeführt worden ist.

Dabei wurde für den Zeitraum von 1964 bis 1981 ein Flächenverlust von 65 ha ( $3,8 \text{ ha a}^{-1}$ ), d. h. von 1955 auf 1890 ha ermittelt, das sind 3,32 % oder 0,20 % pro Jahr. Der Volumenverlust von 1964 bis 1981 betrug  $124,14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ( $7,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ ) oder auf ein geschätztes Volumen von  $2,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  (KROBATH 2003:19) bezogen 5,64 % ( $0,33 \text{ % a}^{-1}$ ). Dabei ist zu beachten, dass es sich bei dem genannten Zeitraum um einen vergleichsweise gletschergünstigen gehandelt hat (näheres bei TINTOR und WAKONIGG 1998) und dass auch in diesem Fall der Flächenschwund kleiner blieb als der Volumenschwund. Bei einer linearen Fortschreibung dieser Werte wäre die Pasterze gemäß der Flächenabnahme gerechnet von 1981 in 494 Jahren verschwunden, gemäß der Volumenabnahme gerechnet von 1981 in 274 Jahren. Diese unrealen (weil linearen und einer Gunstphase entstammenden) Werte dienen hier nur Vergleichszwecken.

Durch die Neuaufnahme der Ö.K. 153 (Großglockner) im Jahr 2000 ergab sich nun die Möglichkeit, die weitere

**Abb. 1:**  
Verschiebung der 100 m-Isohypsen  
zwischen 1981 und 2000 auf der  
Pasterze



quantitative Entwicklung der Pasterze in einem sehr gletscherabträglichen Zeitraum durch Kartenvergleich zu ermitteln und mit dem vorausgegangenen Zeitraum zu vergleichen (Auswertung des Farbauszuges Gletscher und Gewässer mit Genehmigung des BEV, EB 2003/00193).

### **Arbeitsmethodik**

Als Grundlage der digitalen Analyse dienten Oberflächenmodelle, wobei die zu ihrer Erstellung notwendigen Informationen aus den im vergrößerten Maßstab von 1:25 000 vorliegenden Isolinenplänen der Jahre 1981 und 2000 abgeleitet wurden. Der Aufbau der digitalen Datensätze der Gletscherzustände erfolgte – ebenso wie die eigentliche Analyse – im GIS – Paket ArcInfo und umfasste folgende Schritte:

- Digitalisierung der Höhen- und Strukturinformation (Isolinien, Höhenkoten, Geländekanten etc.) sowie der jeweiligen Begrenzungslinien des Gletschers.
- Interpolation der 25 x 25m Raster – Oberflächenmodelle mit dem ArcInfo – Modul Topogrid, das sich vor allem durch hydrologisch korrekte (d. h. dem tatsächlichen Fließverhalten entsprechende) Ergebnisse auszeichnet.
- Konstruktion der Höhenstufenzonen und Verschneidung der beiden Stände zur Ermittlung der Verschiebungszonen der Isohypsen.
- Ableitung der Flächeninformation bzw. der zonalen Flächeninformation durch Verschneidung der Gletschergrenzpolygone mit den zugehörigen Höhenzonenpolygonen.
- Konstruktion der Hypsographischen Kurven für die untersuchungsrelevanten Stände durch Sortierung der Flächeneinheiten. Durch die Verwendung der Rasterzellen der Oberflächenmodelle konnte eine Auflösung von 625 (m<sup>2</sup>) erreicht werden.
- Ermittlung der Volumina durch Subtraktion des Oberflächenmodells 2000 vom Oberflächenmodell 1981: Berechnung der Höhendifferenz für jede Rasterzelle, Ableitung der Volumendifferenz aus Fläche und Höhendifferenz der Rasterzelle und Generierung eines „Höhenmodells der Volumenabnahme“, daraus Konstruktion der Linien gleicher Höhenabnahme.
- Ableitung von Längsprofilen für beide Zeitpunkte durch Verschneidung der Stand- und Höhenmodelle mit einer xy-Wegpunktdatei, dadurch Übertragung der z-Werte im Gitterabstand und damit Erweiterung zu einer dreidimensionalen Polylinie, die als Grundlage für die Konstruktion eines Distanz/Höhendiagramms (Profils) diene.

Trotz der scheinbaren Präzision der Ergebnisse sind der Genauigkeit der Auswertung durch einige Faktoren gewisse Grenzen gesetzt. Abgesehen von der Schwierigkeit der eindeutigen Gletscherabgrenzung in Bereichen mit starker

Moränenbedeckung sind hier Digitalisierungsfehler und Unschärfen des Kartenmaterials, nicht zuletzt aber auch methodische Probleme zu nennen. Diese resultieren aus der begrenzten Höhenauflösung der kartographischen Grundlagen (Äquidistanz: 20 m), der geometrischen Unschärfe des zu Grunde gelegten Rastermodells (Zellgröße 25 x 25 m) und schließlich aus den Schwächen der zellbasierten Algorithmen selbst, die – wie etwa im Falle der Höhe – jeder Zelle nur einen einzigen repräsentativen Höhenwert zuordnen.

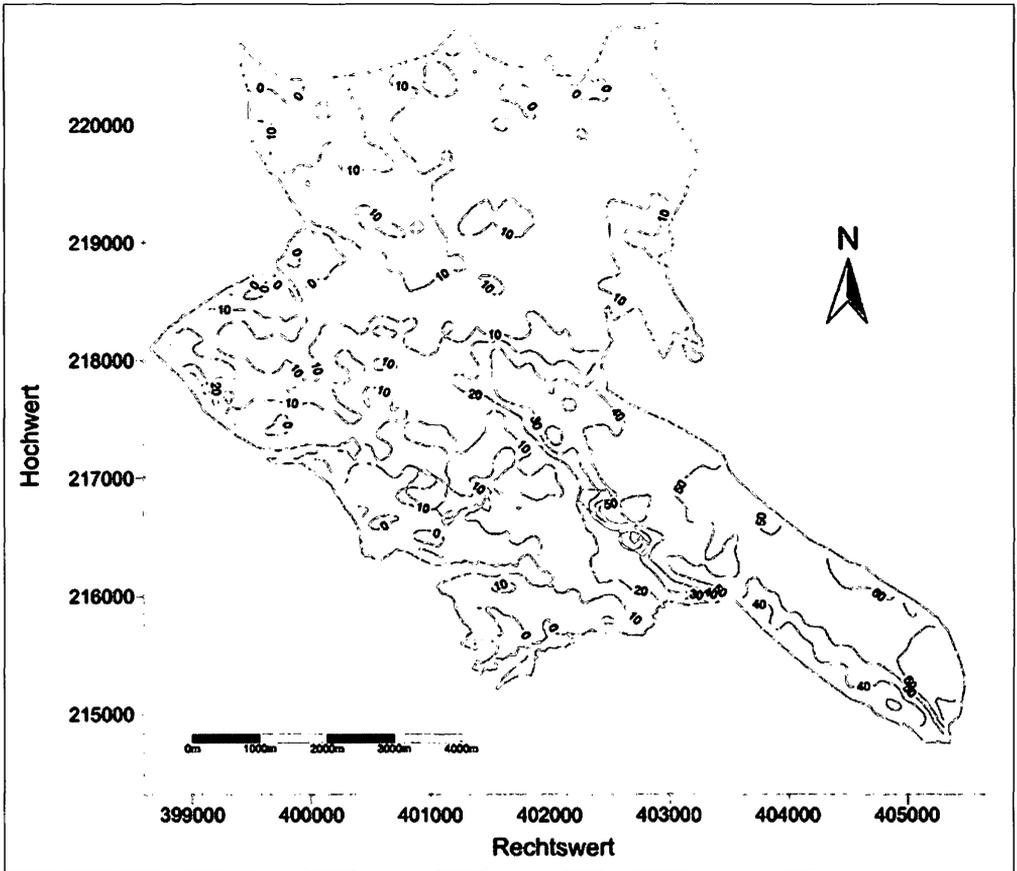
### **Ergebnisse für den Gesamtgletscher**

Für den Gesamtgletscher ergibt sich eine Abnahme der Fläche von 1904 auf 1801 ha, das sind 103 ha oder 5,4 ha pro Jahr bzw. insgesamt 5,4 % oder 0,28 % pro Jahr. Eine lineare Fortschreibung dieses Flächenschwundes gerechnet ab dem Jahr 2000 ergäbe das völlige Verschwinden der Pasterze in 333 Jahren. Hier ist zu beachten, dass die für das Jahr 1981 ermittelte Fläche von der für dieses Jahr weiter oben mitgeteilten etwas abweicht.

Die Volumenabnahme eignet sich viel besser zur Darstellung des tatsächlichen Schwundes des Gletschers, weil sie einen besseren Bezug zur tatsächlichen Massenabnahme, d. h. der Summe der Massenhaushalte aller Jahre darstellt und damit auch direkt von der Witterung dieser Jahre abhängt, unabhängig von den Zufälligkeiten der Konfiguration des Gletscherbettes und der Dicke des Gletschereises. Insgesamt ergibt sich eine Abnahme des Volumens um 319,57 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, das sind 16,82 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> pro Jahr bzw. bezogen auf ein geschätztes Volumen von 2 · 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> für 1981 (Krobath 2003:19) insgesamt 16,0 % oder 0,84 % pro Jahr. Hier ergäbe die lineare Fortschreibung dieses Schwundes ab 2000 das völlige Verschwinden der Pasterze in genau 100 Jahren (!). Damit verlief der Flächenverlust in den gletscherungünstigen Jahren von 1981 bis 2000 1,4 mal so rasch wie im vorhergegangenen Zeitraum, der Volumenverlust aber 2,3 mal so rasch!

Was die theoretische Fortschreibung dieser Werte und das mögliche Verschwinden der Pasterze anlangt, so wurde schon oben angedeutet, dass aufgrund des wahrscheinlich exponentiell (verzögert) verlaufenden Rückganges das Verschwinden der Pasterze in 100 Jahren selbst bei anhaltend gletscherungünstiger Witterung wohl wenig wahrscheinlich ist, andererseits sind unter den aktuellen Witterungsbedingungen bzw. wahrscheinlichsten Klimaprognosen in 100 Jahren auch nicht viel mehr als ein paar Kargletscher-Relikte in schattigen Lagen unter dem Glocknerkamm bzw. in den höchsten Partien des Obersten Pasterzenbodens zu erwarten.

Dagegen erscheint die lineare Fortschreibung des Schwundes im Bereich der „Seelandlinie“ unterhalb der Hofmannshütte, wo es im Sinne der Verkleinerung der Querschnittsfläche der Gletscherzunge in 50 Jahren kein Eis mehr geben sollte, ungleich realistischer. Nach KROBATH (2003:22)



ist in diesem Bereich eine maximale Eisdicke von etwa 136 Metern im Jahr 2002 anzunehmen, bei einem Einsinken der Oberfläche um 6 m bis 2003 (LIEB 2003, PATZELT 2004) sind es nur mehr 130 m. Das Einsinken von 1981 (WAKONIGG 1983) bis 2003 im Bereich dieser Linie beträgt aber 73,8 m oder 3,35 m pro Jahr, was bei einer Eisdicke von 130 Metern zum gänzlichen Verschwinden des Eises bis 2042 führen würde. Bei der mittleren Geschwindigkeit des Eisschwundes des letzten Jahrzehnts von 1993 (LIEB 1993 a) bis 2003 von 4,40 Metern im Jahr wäre der eisfreie Zustand sogar schon 2033 erreicht und unter den Extrembedingungen mit 6 m Einsinken, wie sie im Jahr 2003 herrschten (LIEB 2003, PATZELT 2004) schon im Jahr 2025.

Im Sinne der Herleitung der Höhe der Schneegrenze durch die „2:1-Methode“, d. h. nach dem Flächenverhältnis des Nährgebietes zum Zehrgebiet bzw. Anteil des Nährgebietes an der gesamten Gletscherfläche (AAR) von 66,7 % (GROSS et al. 1977) aus den Hypsographischen Kurven (Abb. 4) ergibt sich die Höhe der Schneegrenze für 1981 zu 2802 m und für 2000 zu 2828 m. Da diese Methode nur bei Gletschern mit ausgeglichener Massenbilanz in den vorange-

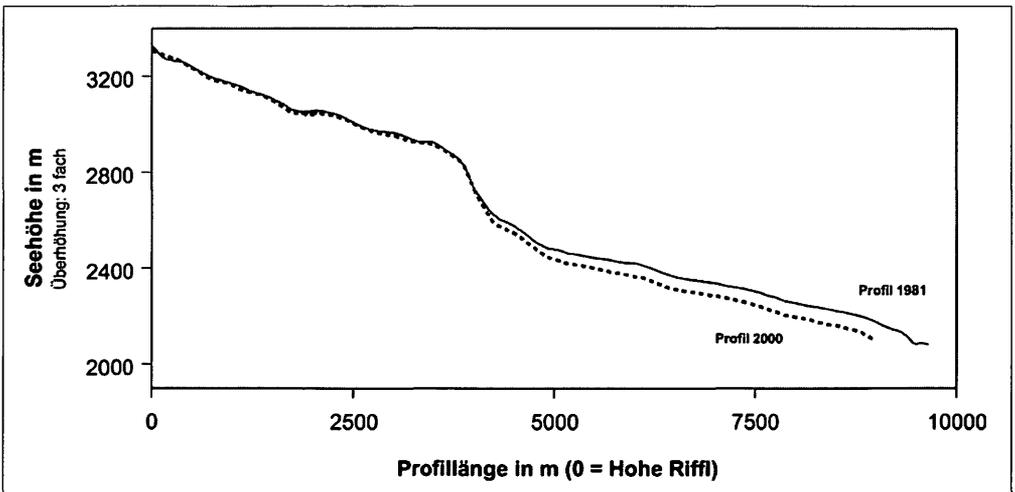
**Abb. 2:**  
Isolinien der Änderung der Höhe  
der Gletscheroberfläche der  
Pasterze zwischen 1981 und 2000

gangenen Jahren bzw. „stationärem“ Verhalten anwendbar ist, ist das Ergebnis für 1981 in gewissen Grenzen noch akzeptabel bzw. als orientierende Größe sinnvoll, während der Wert für 2000 als „Ergebnis der letzten Jahrzehnte“ absolut unreal ist und den witterungsbedingten durchschnittlichen Anstieg der Gleichgewichtslinien in den vorangegangenen beiden Jahrzehnten nicht annähernd wiedergibt.

Darin spiegelt sich nicht nur die außergewöhnlich träge Reaktion des Gletschers auf die geänderten Witterungsbedingungen wider, wobei der Gletscher seine Masse noch nicht annähernd auf die ungünstigeren Haushaltsbedingungen einstellen, d. h. verkleinern konnte und somit bei Anhalten dieser Bedingungen auch das oben angedeutete weitere dramatische Schwinden der Eismasse zu erwarten ist, sondern auch die veränderte Gletscherkonfiguration, wobei bei starker Abnahme der Eismächtigkeit (Höhe der Gletscheroberfläche) und gleichzeitig nur mäßiger Verkleinerung der Gletscherfläche, auch die mittlere Höhe des Gesamtgletschers nicht zunehmen muss, sondern auch kleiner werden kann, was sich bei der Schneegrenzbestimmung nach der oben angegebenen Methode als kontraproduktiv erweist und u. U. sogar zu unrealen Absenkungen der Schneegrenze führen kann. Dieses Problem ist eigentlich allgemein nach Zeiten mit stark gletscherungünstiger Witterung zu beobachten und keineswegs auf die Pasterze beschränkt (z. B. LIEB 1993 b: 241).

Tatsächlich ergeben sich für die mittlere Höhe des Gesamtgletschers von etwa 2880 Metern in beiden Zeitpunkten keine nennenswerten bzw. nur innerhalb der Genauigkeit der Ergebnisse bleibende geringfügige Unterschiede, wobei die durch das Zurückweichen der Gletscherstirn nach oben zu erwartende Zunahme durch die durch das allgemeine Einsinken der Oberfläche zu erwartende Abnahme so gut wie vollkommen ausgeglichen wird. Langfristig ist dagegen mit

**Abb. 3:**  
Längsprofile der Pasterze



einem starken Anstieg der mittleren Höhe des Gletschers zu rechnen, wenn sich der Flächenschwund und damit der Anstieg der Gletscherstirn gegenüber dem allgemeinen Einsinken der Oberfläche verstärkt, was nach längerer Verringerung der Eismächtigkeit ohnehin unvermeidlich ist.

### Regionale Unterschiede

Die regionalen Unterschiede werden durch die Verschiebung der 100 m-Isohypsen (Abb. 1), die Isolinien der Änderung der Höhe der Gletscheroberfläche (Abb. 2), die beiden Längsprofile (Abb. 3) und die Volumenänderung nach 100 Meter-Höhenstufen (Tabelle 1) veranschaulicht.

Aus allen Darstellungen ergibt sich die zu erwartende und auch durch die laufenden Kontrollmessungen bestätigte Tendenz, dass der Gletscher in seinen unteren Teilen ungleich mehr an Masse eingebüßt hat als in den höheren Teilen, was insbesondere auf die starke Verringerung des Eisnachschiebs vom Nähr- in das Zehrgebiet zurückzuführen ist, wobei im Mittel des Zeitraums von 1979/80 bis 1993/94 nur mehr etwa die Hälfte des Ablationsverlustes auf der Gletscherzunge durch Eisnachschieb ersetzt worden ist, im hochnegativen Haushaltsjahr 1993/94 sogar nur mehr ein Viertel (WAKONIGG & TINTOR 1999:199). Für das Extremjahr 2002/03 können unter Zugrundelegung realer Eingangsgrößen sogar nur mehr 15 geschätzt werden.

Bei einem Vergleich der Abbildung 2 (Höhenänderung) mit den Ergebnissen der jährlichen Kontrollmessungen (WAKONIGG 1983, LIEB 2000), zeigt sich, dass die Höhenabnahme entlang der Messprofile in allen Fällen mit der in Abb. 2 ausgewiesenen recht gut übereinstimmt, wobei die Abweichungen im Bereich der durch die 10 m-Äquidistanz vorgegebenen Genauigkeit bleiben. An den drei Hauptprofilen quer über die Zunge beträgt die Verringerung der Höhe der Gletscheroberfläche von unten nach oben 58,6, 57,6 und 48,1 m, am „Firnprofil“ in etwa 2900 bis 3000 m 27,0 m und an der Linie am Hohen Burgstall zwischen Hohem und Mittlerem Burgstall 15,7 m. Das ist eher etwas mehr als aus der Kartendarstellung abgeleitet werden könnte.

Wenn man nur das linke (nordöstliche) Drittel der Gletscherzunge betrachtet, d. h. bei der untersten Linie die ersten zwei von 6 Messpunkten, bei der mittleren die ersten vier von 12 bzw. 11 und bei der obersten die ersten drei von 10 Messpunkten, dann beträgt der Höhenverlust dort in den 19 Jahren von unten nach oben 79,8, 65,7 und 46,8 m, d. h. im größten Teil der unteren Zunge ist die Abnahme der Höhe der Gletscheroberfläche gegen den linken Rand ungleich stärker, was auf den fehlenden Schutz durch die nur die rechte Seite des Gletschers bedeckende Moränenauflage, die Staubbedeckung und die Gegenstrahlung der sich stark erwärmenden begleitenden Felsflanken zurückzuführen ist.

Umgekehrt beträgt der Höhenverlust auf der rechten (südwestlichen) Seite des Gletschers (an den jeweils das rechte

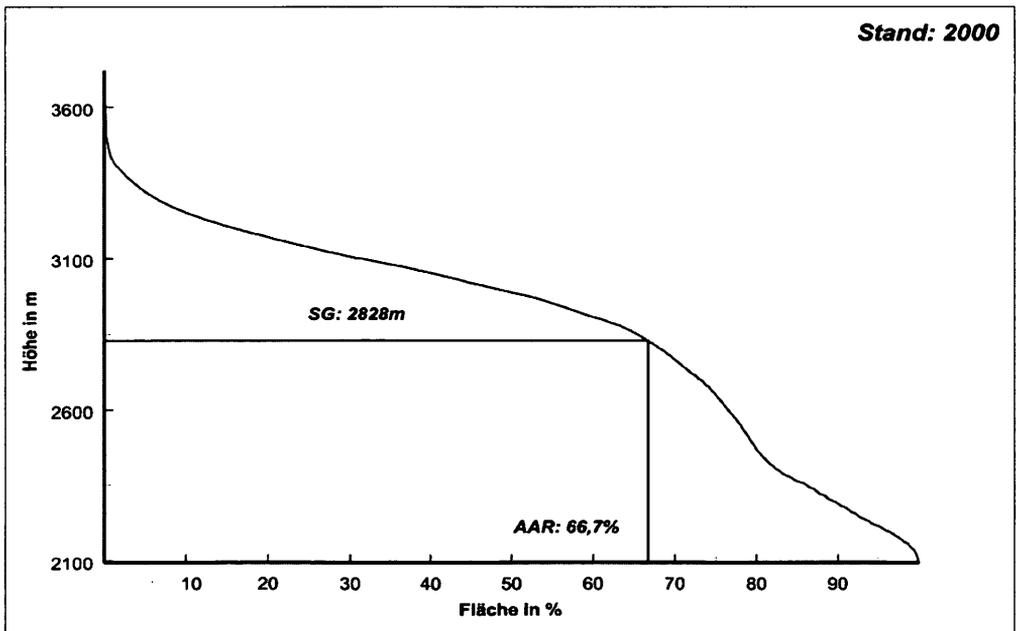
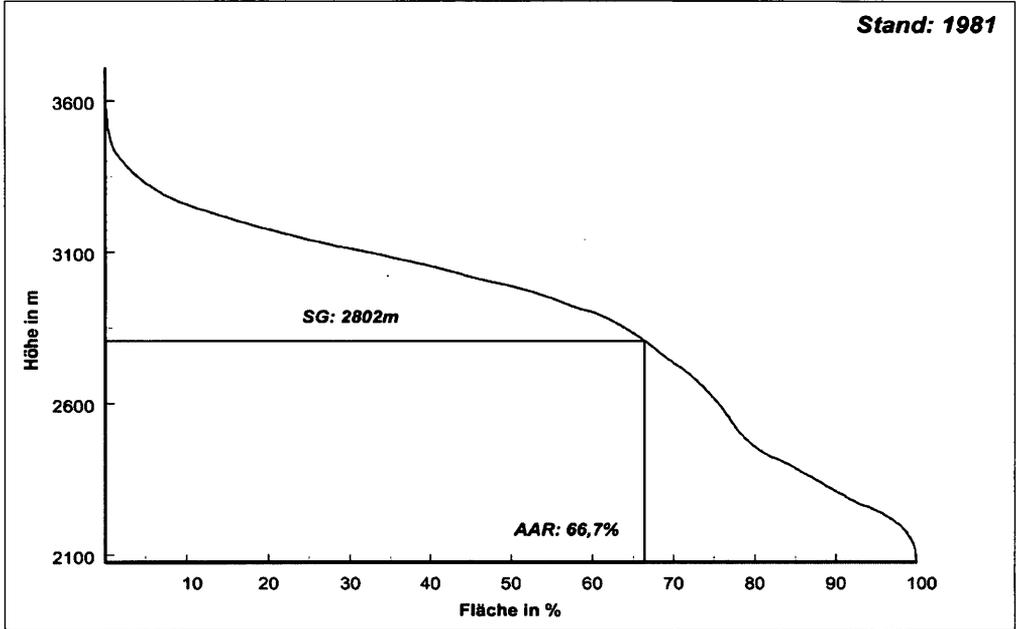
Stufe	Änderung in 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
< 21 hm	-5 716
21 -	-8 369
22 -	-64 883
23 -	-59 467
24 -	-46 616
25 -	-13 172
26 -	-13 623
27 -	-11 609
28 -	-11 972
29 -	-19 874
30 -	-21 996
31 -	-21 522
32 -	-11 505
33 -	-6 517
34 -	-3 469
35 -	+652
36 -	+72
37 -	+14
<b>Summe</b>	<b>-319 572</b>

**Tab. 1:**  
Volumenänderung von 1981 bis 2000  
nach 100 m-Höhenstufen

Drittel der Breite erfassenden Punkten mit gleicher Anzahl wie vorhin) von unten nach oben nur 43,1, 42,0 und 46,3 m (an der obersten der drei Linien, der „Burgstalllinie“ hat der Gletscher rechts nur vergleichsweise bescheidene Moränenauflage), was wieder eine recht gute Übereinstimmung bzw. wieder eher größere Werte bei den Profilmessungen ergibt.

Jedenfalls signalisieren alle Ergebnisse einen recht gleichmäßigen Volumenschwund mit regelhaft nach oben ge-

**Abb. 4:**  
Hypsographische Kurven für die  
Pasterze



ringer werdenden Beträgen, wobei irgendwelche regionalen Abweichungen im Sinne von „kinematischen Wellen“ in den 19-jährigen Gesamtwerten nicht erkennbar sind. Das schließt nicht aus, dass solche Phänomene – wenn auch in sehr bescheidener und abgeschwächter Form – als Folge der Gunstphase von 1964/65 bis 1980/81 tatsächlich abgelaufen sind. Immerhin gab es in den bereits sehr gletscherabträglichen Achtzigerjahren aufgrund des recht kräftigen Eisnachschiebs aus dem Nährgebiet in die Zunge nur vergleichsweise bescheidene Höhenverluste an der Burgstalllinie gegenüber weitaus größeren an den unteren Linien, während in den letzten Jahren aufgrund des stark verringerten Eisnachschiebs die Höhenverluste gerade an der Burgstalllinie stärker als an den unteren Linien zugenommen haben. Diese Überlegungen bzw. Ergebnisse sind aber nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

### Literatur:

- GROSS, G., H. KERSCHNER & G. PATZELT (1977): Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. – Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 12 (für 1976), S. 223–251.
- KROBATH, M. (2003): Gletscherschwund. – Wasserland Steiermark 3/2003, S. 18–19, 22–23.
- LANG, H. & G. PATZELT (1971): Die Volumenänderungen des Hintereisferners (Ötztaler Alpen) im Vergleich zur Massenänderung im Zeitraum 1953–1964. – Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 7, S. 39–55.
- LIEB, G. K. (1993a): Gletschermessungen an der Pasterze und deren Umgebung (Glocknergruppe) im Jahr 1993. – Unveröff. Original-Messbericht für 1993, 10 S.
- LIEB, G. K. (1993b): Zur quantitativen Erfassung des Rückganges der Kärntner Gletscher vom Hochstand um 1850 bis 1969. – Arb. aus d. Inst. f. Geogr. d. Karl-Franzens-Universität Graz 31, S. 231–251.
- LIEB, G. K. (2000): Gletschermessungen an der Pasterze und deren Umgebung (Glocknergruppe) im Jahr 2000. – Unveröff. Original-Messbericht, 7 S.
- LIEB, G. K. (2003): Gletschermessungen an der Pasterze und deren Umgebung (Glocknergruppe) im Jahr 2003. – Unveröff. Original-Messbericht, 10 S.
- LIEB, G. K. & H. WAKONIGG (1996): Die Pasterze und ihre Erforschung im Rahmen der Gletschermessungen. – Kärntner Nationalparkschriften 8, S. 99–115.
- PASCHINGER, H. (1969): Die Pasterze in den Jahren 1924–1968. – Wiss. AV-Hefte 21, S. 201–217.
- PASCHINGER, V. (1948): Pasterzenstudien. – Carinthia II, XI. Sonderheft, S. 1–119.
- PATZELT, G. (2004): Gletscherbericht 2003/2004. – Mitt. d. Österr. Alpenvereins Nr. 2/04, Jg. 59(129), in Druck.
- TINTOR, W. & H. WAKONIGG (1991): Ein Beitrag zur Kenntnis der vertikalen Bewegungskomponente und des Eisnachschiebs an der Pasterze. – Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 25 (für 1989), S. 131–137.
- TINTOR, W. & H. WAKONIGG (1998): Höhen- und Volumsänderung der Pasterze im Zeitraum 1964 bis 1981. – Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 34, S. 161–166.
- WAKONIGG, H. (1983): Nachmessungen im Bereich der Pasterze (Glocknergruppe) im Jahre 1981. – Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 17, S. 241–246.

- WAKONIGG, H. (1991): Die Nachmessungen an der Pasterze von 1879 bis 1990. – Arb. aus d.Inst. f. Geographie der Univ. Graz 30 (Festschrift f. H. Paschinger), S. 271–305.
- WAKONIGG, H. (1993): Nachmessungen an der Pasterze (Glocknergruppe) von 1971 bis 1990. – Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 26 (für 1990), S. 203–209.
- WAKONIGG, H. & W. TINTOR (1999): Zum Massenumsatz der Pasterzerzunge zwischen 1979 und 1994. – Wiss. Mitt. aus d. Nationalpark Hohe Tauern Bd. 5, S. 193–203.

**Anschriften der Verfasser:**

V.Ass. Dr. Josef Gspurning,  
Marcus Tribuser,  
Univ. Prof. Dr. Herwig Wakonigg,  
Institut für Geographie,  
Universität Graz,  
Heinrichstraße 36, A-8010 Graz.

Mag. Dr. Wolfgang Tintor,  
Korpitsch 26, A-9587 Riegersdorf.